ウィリアムソン・アンプの真価を検証する



サンスイOPT　H-30-6を使用

KT-66プッシュプル・アンプの製作（2）

竹森幹郎

前回，ウィリアムソン・アンプについての私見を述べましたが，今回はそれにもとづいてウィリアムソン型アンプを試作したいと思います．このアンプは始め6L6GCの予定で設計にかかったのですが，やはりウィリアムソン・アンプはKT-66で作るべきだと考え出力管を変更しました．

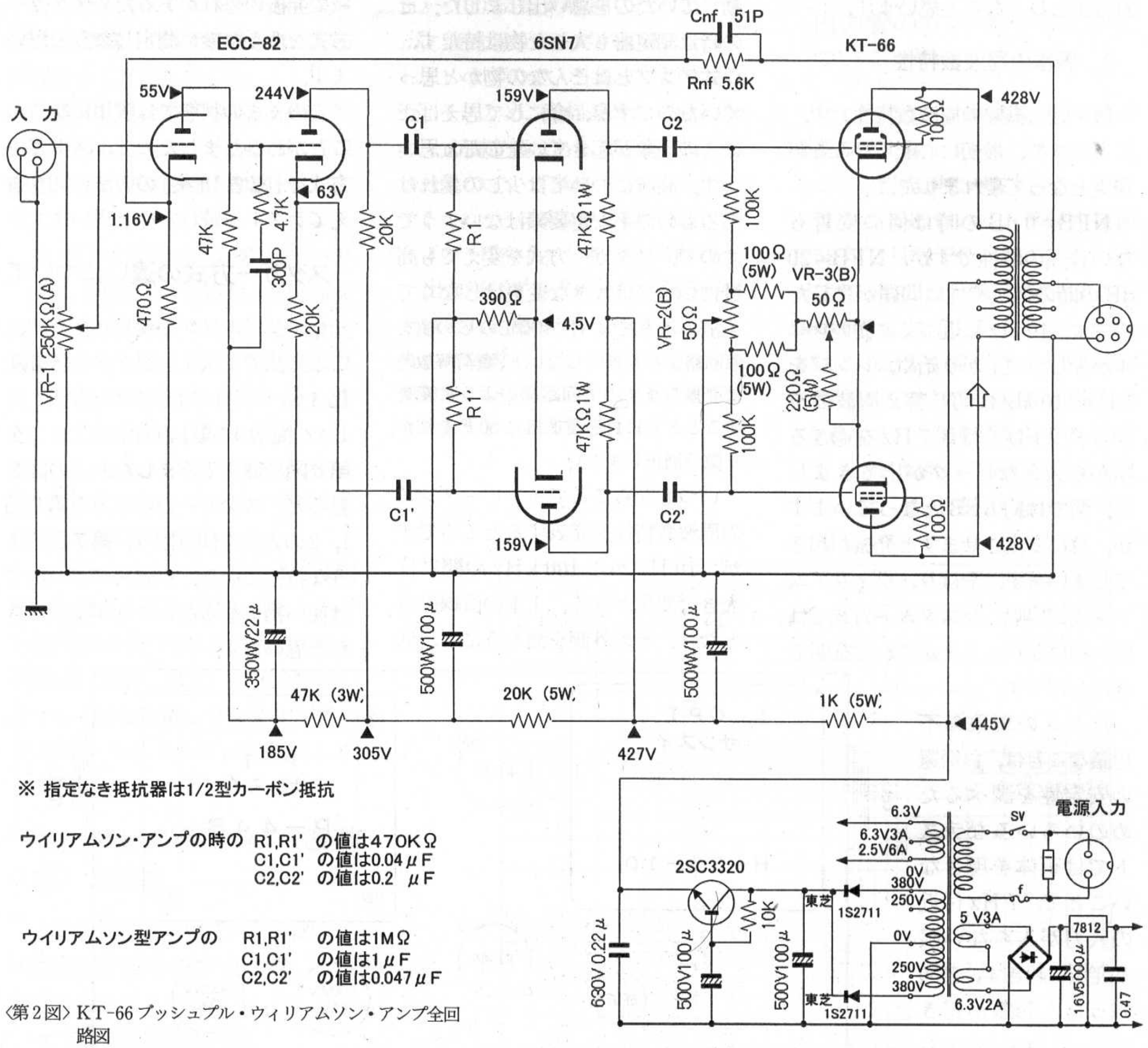
さてここに，1つの問題点があります．それは，採用したOPTがサンスイH-30-10ではなく，H-30-6なので，出力段の低域時定数を改めて計算せねばなりません．そこで，1次インダクタンスの測定の準備に取り掛かったのですが，ふと臨増14集にOPTの1次インダクタンスのデータが掲載されていることを思い出しました．

そこで，14集を開いてみますと，200頁～204頁に“市販出力トランス16種の測定について”という項の200頁の下段の〈第16-1表〉に測定された，当時の代表的な市販OPTの一覧表の中に山水のD-1510（H-15-10），D-30-06（H-30-6.6），D-15-05（H-15-5），BW-741(H-30-10)の4台が掲載されていました．

右端の欄の（　）内に測定後新型に変更された型番が書かれています．問題は測定された型番のものと（　）内の型番の性能がどのように違っているかということです．そこで見開きのグラフからBW-741の5 V/50 Hz＝0.1のインダクタンスを読みとりますと200 Hとなっています．そこで，大家の記事の中にOPTの特性グラフが掲載されており，図中に5 V，50 Hzで測定されたLp 200 H，250 V 50 Hzで測定されたLpが760 Hとなっておりますので，少なくとも低域の特性に大きな差はないものと思われます．14集ではe/f＝3以上は測定されていませんので，250 V/50 Hz＝5の値は，カーブを延長して見ると大体700 H程度と読めますので，最大インダクタンスも同じと考えて良いのではないでしょうか．

ウィリアムソン氏はラ技1950年3月号の記事の1次インダクタンスの項に(51頁)50 V/50 Hzの電圧を1次側に加え，そのときの電流を測定するとあり，1次巻き線に流れる電流が150 μA以下でならば良いと言うことになっています．その時の1次インダクタンスの値は第1図2の(2)式により，約106 Hと算出されますので，これ以上の1次インダクタンスであれば合格ということで，さきほど述べた大家のアンプ使用されたOPTの1次インダクタンスは約200 Hであり，ウ氏の設計の侭でよいことになります．

しかし，このトランスの最小インダクタンスは62 Hで時定数は31となりT1，T2＝25と少し離れていますが，発振は免れることは出来



〈第2図〉KT-66 プッシュプル・ウィリアムソン・アンプ全回路図

部及び，電圧増幅段の時定数を先に述べた理由で変更しました．

第3図が試作機の配置図です．ウィリアムソン氏が例に掲げた配置するつもりでしたが，当時電源に必ず使われた大型のフィルタ・チョークやオイル入りコンデンサを使わないので，その部分のスペースが空いてしまい，シャーシ・デザインがはなはだ間延びしたものになるため変更することにしました．

この形は武末先生が 1970 年 1 月号に掲載された，2 A 3 PP のデザインの一部を真似したものです．

いつもやっているステレオ・アンプの配置から片 ch 省く方法はスペースが空きすぎることと，OPT 2 次側からの NFB の配線を最短にする為この様にしてみました．

試作機の特性

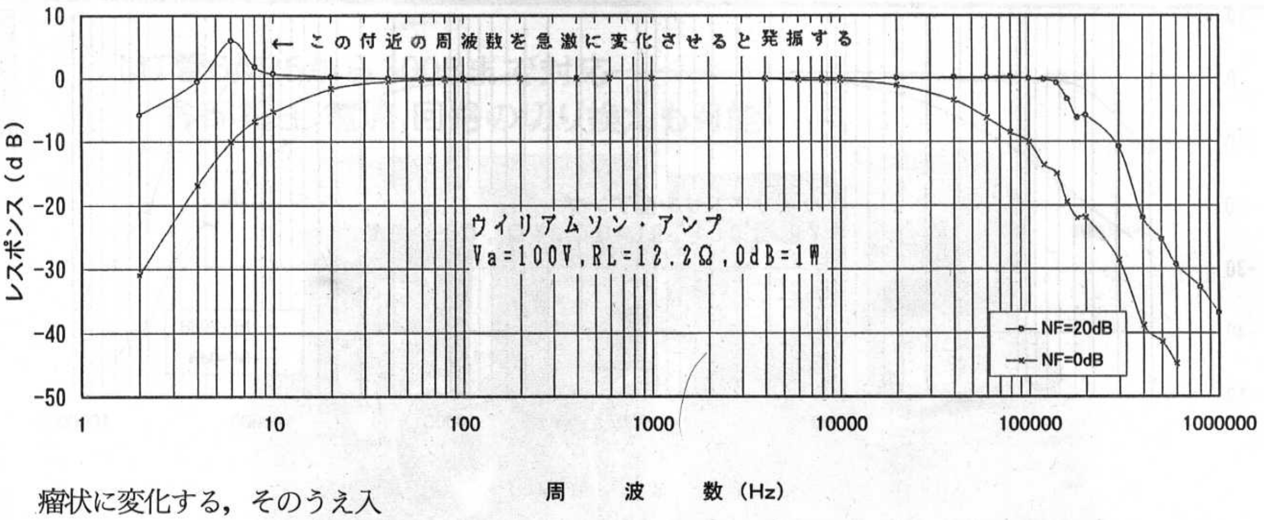
1．入力対出力特性

第4図は試作機の入力対出力特性です．NFB=0 dB の時は約 12 W でクリップし，NFB=20 dB のときは 12.5 W でクリップしました．私の考えでは，このように負帰還を掛けた時クリッピング・レベルが上がるのは電圧増幅部の特性に無理がないことを表しているのだと思います．

2．出力対ひずみ率特性

第5図は NFB=0 dB，**第6図**は NFB=20 dB の出力対ひずみ率特性です．この特性を見る限り，問題なく良いアンプだと思われるのですが？

ただ低レベルでのひずみ波形を観測した時，第 2 調波が完全に打ち消されていません，AC バランスをと



〈第7図〉振幅の周波数特性

瘤状に変化する，そのうえ入出力特性の直線部分が急に折れ曲がり最大出力も下がる．

上記の理由で，A級PPではカソード・パスコンを取り去っても良いが，AB_1級の場合はカソード・パスコンを省いてはならない．

ここで武末先生は，これについてAB_1級で発生する偶数次ひずみのもたらす現象であるといったようなことが仮説として書かれています．全書にはどこにもこのことについて書かれていませんので，おそらく仮説の俣残されたものだと思います．

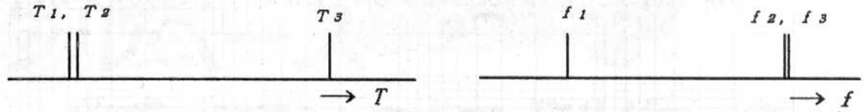
しかし，私はこの仮説が十分納得できるものだと思っています．

製作測定を終えて

今まで，ウィリアムソン・アンプに対し，数々の思い出のため，この方式の良さを見逃していたことを思い知らされました(14集を手に入れる前は測定器もろくになく，ウ・アンプを作っては壊すことのくり返しでサンザン苦労した結果のアレルギー現象です)．

ウ・アンプの低域のスタガー方式に決定的欠陥があることを知らずに，このアンプを製作しても，周波数特性の超低域の測定をしない限り，その欠陥に気がつかないというおそろしさを感じました．しかし，低域の問題を除けば，このアンプが

１．D.T.Williamson の発表したスタガー法



T_1, T_2は電圧増幅段の時定数、T_3は出力段の時定数でf_1, f_2, f_3はそれぞれのカットオフ周波数である。ウイリアムソン氏はf＝50Hz，E＝5VでOPTの一次インダクタンスを測定した時の値を最小インダクタンスとして設定した。

$T_1=T_2=0.5\times T_3$　ウイリアムソン氏の使用したＯＰＴの一次インダクタンスは106Hなので、使用した出力管KT−66のrp≒2.5KΩ　RL＝10KΩ

$$R = \frac{RL\times rp}{Rl+rp} = \frac{10\times 2.5}{10+2.5} = \frac{25}{12.5} = 2K\Omega \cdots(2)$$

$$T3 = \frac{Lp}{R} = \frac{106}{2} \fallingdotseq 50 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

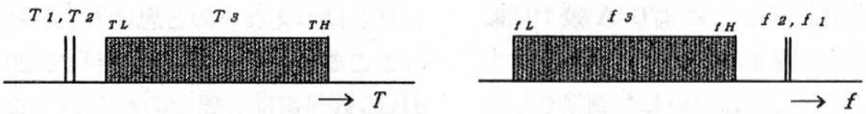
$T_1=T_2=0.5T_3=25$　・・・・になります

よってカットオフ周波数はそれぞれ

f_1，f_2 は159／25≒6．36Hz　　f_3≒159／50≒3．14

となる筈ですが現実にはＯＰＴのＬｐはこの値の1／3から数倍迄変動する為時定数がT_1, T_2と一致し発振のおそれがある。

２．今回使用したＯＰＴをウ氏のスタガー法で設定すると

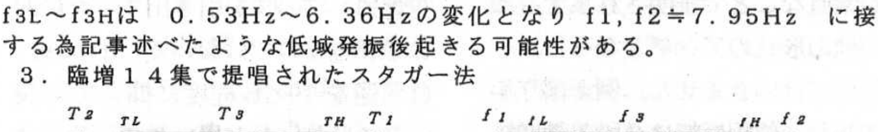


ＯＰＴを山水Ｈ−３０−６を採用した場合第１図により

T_{3L}〜T_{3H}は　20〜300の範囲で変動することになるので

f_{3L}〜f_{3H}は　0．53Hz〜6．36Hzの変化となり　f_1, f_2≒7．95Hz　に接近する為記事述べたような低域発振後起きる可能性がある。

３．臨増１４集で提唱されたスタガー法



T_1はドライバーの入力時定数　1000KΩ×1μ＝1000　　f_1≒0．159

T_2は出力管の入力時定数　　　100KΩ×0．047μ＝4．7　f_2≒33．8

T_3はＯＰＴの一次インダクタンスが　６００Ｈ〜５０Ｈなので

出力管にKT−66(T)を使えば　rp≒2．5KΩ　RL＝10KΩ

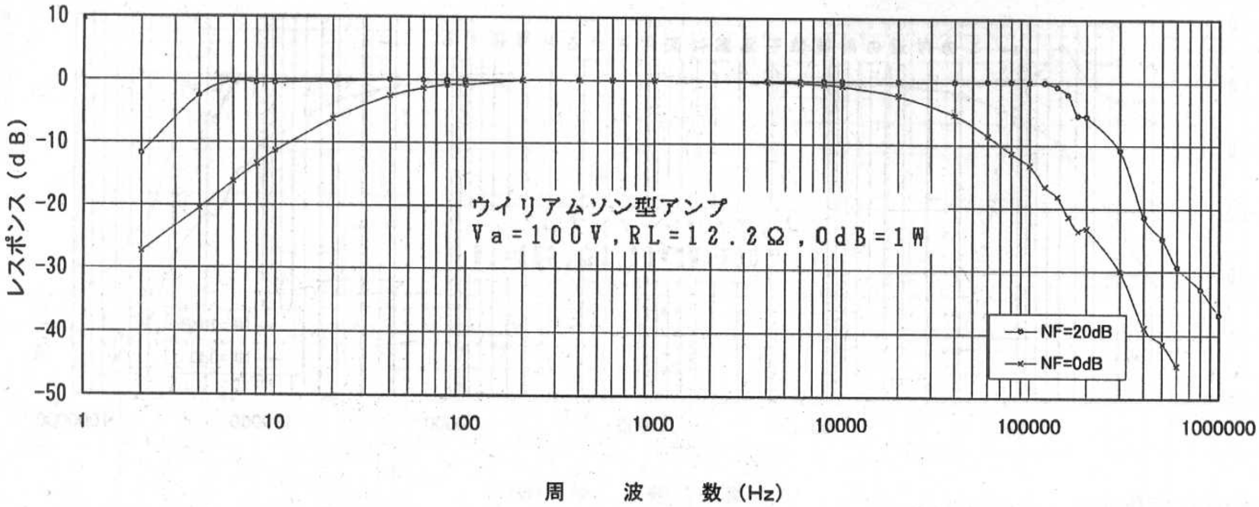
回路の出力抵抗値は（２）式により２ＫΩとなる

この値を（３）式に代入すると　　T_3≒ 300〜6．36となり

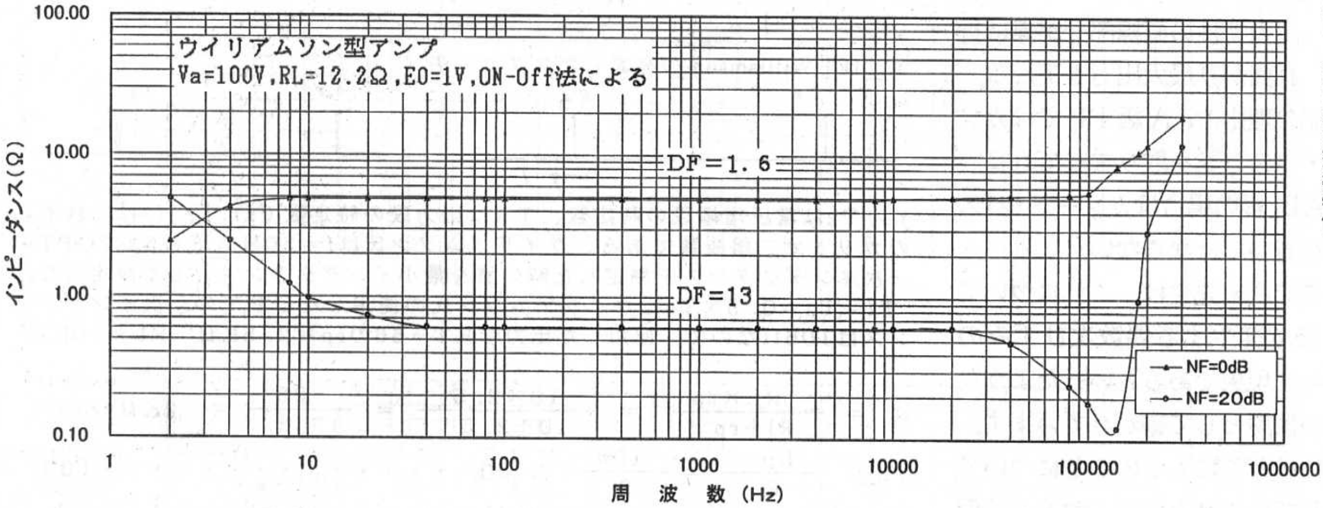
f_3≒ 0．53〜6．36となるので

低域特性は安定するはずである。

〈第8図〉ウィリアムソン・アンプのスタガー法の設定



〈第9図〉振幅の周波数特性



〈第10図〉インピーダンスの周波数特性

電圧増幅部の設定の巧みさ，出力段をKT-66の3結にしOPTの出力インピーダンスを10 kΩ（通常KT-66の3結AB_1級PPの指定は4 kΩ）に設定することによりA級PPにしたこと等々，優れた面が目立ちます．このことはたいした調整もしていないのに無帰還の時のひずみ率特性が素直なことで証明されます．これが他の形式のアンプとなると，そう簡単にはいきません，例えば昨年発表した，位相反転に2段差動増幅増幅を用いた場合ひずみ率計は必需品となります，しかもその調整には結構手間暇を掛けなければなりませんでした．今回はあまりにも簡単でしたので拍子抜けた次第です（スタガー方式の問題は別）．

負帰還を10 dB程度に抑えるならば，測定器が揃っていなくても，DCバランスさえとれば，相当の特性が簡単に得られること思います（初心者向けていう訳ではない）．もっともこうなるとウィリアムソン型アンプとはいえないのと思いますが？

ここで考えたいのは，はたして20 dBの負帰還は必要なのかということです．DFが10を超えることは真空管アンプの味を引き出すことに対して邪魔なのではないでしょうか．負帰還を10 dB程度に抑えても良いのではないかと思います．そうすれば，高域のインピーダンス特性を測定中に感じた不自然さからも逃れるが出来，諸特性もそんなに悪くはないと思うのです．

このアンプをモノーラルながらラインに投入して聞いてみました．癖のない素直な音で，昔使っていた423結のウィリアムソン型アンプの音がよみがえったような気がします．

しかし，出力管の共通カソード回路の複雑な抵抗器群には閉口しました．半導体整流器が発売されるや，早々と固定バイアスに切り替えたのは自己バイアスの持つ安定性を捨ててでも，余りある利点を感じたからです．おそらく今後もカソード・ホロワ直結ドライブのアンプを作り続けることと思います．

今回，いかに昔のアンプの再現とはいえ古いOPTを使ったことに抵抗を感じておりますので，あらためてPT，OPTとも新調し新しい回路で20 dBの負帰還アンプに挑戦したいものと思っています．

（2003年2月15日完）